



PCT/EP 03/05206

#2

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

REÇU	30 JUIN 2003
OMPI	PCT

### Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

### Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

### Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 14. MAI 2003

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

*H. Jenni*  
Heinz Jenni

BEST AVAILABLE COPY

Patentgesuch Nr. 2002 0956/02

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:  
Optischer Neigungsmesser.

Patentbewerber:  
Leica Geosystems AG  
Heinrich-Wild-Strasse  
9435 Heerbrugg

Vertreter:  
Büchel, Kaminski & Partner Patentanwälte Establishment  
Austrasse 79  
9490 Vaduz  
LI-Liechtenstein

Anmeldedatum: 07.06.2002

Voraussichtliche Klassen: G01C

## Optischer Neigungsmesser

Die Erfindung betrifft einen optischen Neigungsmesser nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ein Verfahren zur Messung der Neigung eines Gerätes nach dem Oberbegriff des Anspruchs 17 sowie ein geodätisches Gerät mit einem solchen Neigungsmesser.

Neigungsmesser verschiedener Bauarten finden seit langem Anwendung in allen Bereichen, in denen die Lage eines Gerätes berücksichtigt werden muss. Dies gilt insbesondere für Messungen im geodätischen Bereich oder im Bauwesen.

Während für hochpräzise Messungen verschiedene Realisierungsformen mit komplexem Aufbau bekannt sind, fehlen bisher einfache und robuste Neigungsmesser, die dennoch eine hinreichende Genauigkeit besitzen.

In der US 5,392,112 wird ein Neigungswinkelmesser beschrieben, der einen Lichtstrahl in zwei Teilstrahlen aufteilt, die nach der jeweiligen Reflexion an einer gerätefesten Oberfläche und einer Flüssigkeitsoberfläche auf einem Detektor abgebildet und dort registriert werden. Aus der relativen Position der Aufpunkte beider Teilstrahlen wird auf den Neigungswinkel des Gerätes geschlossen.

Aus der Offenlegungsschrift DE 41 10 858 ist ein zweiachsiger Neigungsmesser bekannt, bei dem eine geometrische Figur über einen neigungsempfindlichen und strahlablenkenden Sensor auf ein Lineararray projiziert wird. Der Sensor beinhaltet eine Flüssigkeit, deren Lage relativ zum Gerät zu einer Beeinflussung bzw. Ablenkung der Projektion der Figur auf dem Lineararray führt.

Neben den durch die Komplexität des Aufbaus mit abbildenden Optiken und ggf. Strahlteilern entstehenden Nachteilen sind Neigungsmesser dieser Bauarten aufgrund der erforderlichen

5 Mindestlängen der Strahlgänge für beide Teilstrahlen nur begrenzt miniaturisierbar.

In der JP 09243359 wird ein einfacher Neigungssensor beschrieben, der ein versiegeltes, flüssigkeitsgefülltes Gefäß aufweist. Eine Innenseite des Gefäßes besitzt eine

10 ausgewölbte Fläche, in der ein Quecksilbertropfen ruht. Das Gefäß und die darin befindliche Flüssigkeit werden von einer Lichtquelle durchleuchtet und die Lichtstrahlung von einem Detektor aus vier Photodioden als einfachem Quadranten-

15 sensor registriert. Aus der Lage der durch den Quecksilbertropfen hervorgerufenen Abschattung kann auf die Neigung des Sensors geschlossen werden. Durch diesen Aufbau kann keine Information jenseits der durch den Schattenwurf erfolgten Abdunkelung der Photodioden genutzt werden. Ins-

20 besondere erfolgte keine Berücksichtigung der genauen Lage des Hell-Dunkel-Überganges auf dem Detektor.

Im Stand der Technik sind damit zwar hochpräzise und weitentwickelte Neigungsmesser bekannt, die jedoch aufgrund ihrer gattungsgemässen Komplexität und Auslegung nicht ohne

25 grösseren Aufwand verkleinert werden können. Auf der anderen Seite existieren einfache Lösungen, die jedoch hinsichtlich der zur Bestimmung der Neigung zur Verfügung stehenden Informationen sehr eingeschränkt sind und daher eher

30 eine grobe Abschätzung der Neigung erlauben.

Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung bestehen in Bereitstellung eines optischen Neigungsmessers, der einen einfa-

chen Aufbau bei einer gegenüber einfachen Abschattungsmessern verbesserten Messgenauigkeit aufweist.

- 5 Eine weitere Aufgabe besteht darin, einen Neigungsmesser bereitzustellen, der über ein Minimum mechanischer und optischer Teile verfügt und dadurch eine erhöhte Robustheit und Stossfestigkeit besitzt.

- 10 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine bauliche Integrierbarkeit in geodätische oder bautechnische Geräte zu gewährleisten. Dies betrifft insbesondere die Nutzung bereits vorhandener elektronischer Komponenten als Auswerteeinrichtungen.

- 15 Ausserdem besteht eine Aufgabe in der Möglichkeit zur Berücksichtigung von Alterungs- oder Umwelteffekten, wie z.B. thermischen Veränderungen.

- 20 Diese Aufgaben werden erfindungsgemäss durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 bzw. 17 sowie durch die kennzeichnenden Merkmale der Unteransprüche gelöst.

- 25 Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Neigungsmesser. Durch eine Strahlungsquelle wird Strahlung erzeugt, mit der ein Medium auf eine Kamera abgebildet wird. Das Medium wird von einem Aufnahmeelement aufgenommen. Dieses Aufnahmeelement kann beispielsweise aus einer Dose für eine Flüssigkeit oder einer Halterung für ein Pendel bestehen. Die Abbildung muss dabei nicht einer optisch exakten  
30 Abbildung entsprechen. Wesentlich ist die Durchleuchtung des Aufnahmeelementes mit wenigstens einem darin befindlichen oder von diesem gehaltenen ersten Medium. Das Abbild dieses Mediums oder eines Teiles dieses Mediums auf der Kamera kann gegebenenfalls durch Bildverarbeitung ausgewertet

werden, so dass beispielsweise auch Abbildungsfehler, wie z.B. Verzerrungen, berücksichtigt und korrigiert werden können. Unter Abbildung soll somit in diesem Zusammenhang eine Durchstrahlung des Aufnahmeelementes verstanden werden, bei der ein von der Kamera auswertbares Abbild wenigstens des ersten Mediums oder eines Teiles des ersten Mediums entsteht.

Die verwendete Strahlung kann im sichtbaren aber auch im nichtsichtbaren Spektralbereich liegen und wird im Regelfall durch die technischen und physikalischen Parameter von Strahlungsquelle, Kamera und Medium bestimmt. Als Strahlungsquelle können neben herkömmlichen Lampen verschiedenen Typs auch lichtemittierende Dioden oder Laser, insbesondere Halbleiterlaser, verwendet werden. Je nach Realisierungsform wird mit dieser Strahlung das Medium durchleuchtet oder aber das Medium dient zur Abschattung der Strahlung. Die zu analysierenden Bestandteile des auf der Kamera abgebildeten Bildes oder zumindest von Teilen des Mediums können nun Hell-Dunkel-Übergänge einschliesslich der Schattenwurf des Mediums auf die Kamera beinhalten oder aber auch eine Grenzschicht zwischen zwei Medien. Je nach konkreter Ausgestaltung wird das Medium als ein erstes Medium in Abstimmung mit einem zweiten Medium so ausgewählt, dass beispielsweise als Effekt der Übergang als Hell-Dunkel-Grenze zu erkennen ist oder aber eine besonders ausgeprägte Grenzschicht entsteht. Grundsätzlich können auch beide Effekte gleichermassen genutzt werden. Bei der Wahl der jeweiligen Phase kann bei den Medien auch eine Anpassung der Transmissionsgrade bzw. der Transmissionskoeffizienten erfolgen.

Das zur Anzeige der Lage verwendete erste Medium kann ein Festkörper, eine Flüssigkeit oder ein Gas sein. Das zweite

Medium kann ebenfalls eine dieser Phasen aufweisen, grundsätzlich kann hier aber auch ein evakuierter Bereich verwendet werden, sofern eine detektierbare Grenze des ersten Mediums erhalten bleibt. Einige nicht abschliessende Beispiele für verschiedene Ausführungsformen werden im folgenden dargestellt:

1. Ein Pendel als erstes Medium befindet sich in einem gasförmigen zweiten Medium. Während das gasförmige für die Strahlung durchlässig ist, ist das Pendel undurchlässig oder nur eingeschränkt transparent, so dass aus dem Bild des Pendels, das als Zone geringerer Beleuchtung auf der Kamera abgebildet wird, auf die Lage des Pendels und damit auf die Neigung geschlossen werden kann.
2. Zwei Halbkugeln aus Festkörpern unterschiedlicher Transmissionskoeffizienten und Dichten werden miteinander zu einer Kugel verbunden, die in einem Aufnahmeelement rotierbar gelagert ist.
3. Eine für die Strahlung undurchlässige Flüssigkeit als erstes Medium ist zusammen mit einem für die Strahlung durchlässigen und in der Flüssigkeit nicht löslichen Gas als zweitem Medium in einem als Aufnahmeelement dienenden Behälter eingeschlossen. Für die Auswertung wird der Hell-Dunkel-Übergang zwischen den beiden Medien verwendet, wobei eine Auswertung des Hell-Dunkel-Überganges auch bei zwei Medien mit nur schwach unterschiedlicher Durchlässigkeit der Strahlung möglich ist.

4. Ein für die Strahlung transparentes Gas und eine ebenso transparente Flüssigkeit sind in einem Behälter eingeschlossen, wobei eine Detektion der Grenzschicht erfolgt. Durch Kohäsion in der Flüssigkeit bildet sich im Übergangsbereich keine gerade sondern eine gekrümmte Linie. Anhand der Krümmung kann bestimmt werden, auf welcher Seite die Flüssigkeit liegt, so dass die Notwendigkeit der Einfärbung eines der beiden Medien, insbesondere aber der Flüssigkeit, entfallen kann.

5. Zwei nicht ineinander lösliche Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Dichten, aber ähnlichen Transmissionskoeffizienten als erstes und zweites Medium werden in einem als Aufnahmeelement dienenden Behälter eingeschlossen. Für die Auswertung wird die Abbildung der Grenzschicht zwischen beiden Medien verwendet.

Beispiele für Flüssigkeiten stellen Quecksilber, Wasser oder Siliconöl dar. Für die Feststellung der Lage des ersten Mediums kann sowohl das Abbild der Grenzschicht als auch der Hell-Dunkel-Übergang oder eine Kombination aus beidem verwendet werden. Um eine Intensivierung der Grenzschicht zu erreichen, kann diese durch weitere Massnahmen leichter registrierbar gestaltet werden. Beispielweise können auf der Grenzschicht schwimmende Partikel verteilt werden, die eine verstärkte Absorption der Strahlung in diesem Bereich bewirken. Auch ist es möglich, auf der Grenzschicht einen schwimmerartigen Festkörper zu platzieren, der wiederum strahlungsdurchlässig oder -undurchlässig sein kann.

Das Bild des ersten Mediums bzw. des Übergangs zwischen beiden Medien wird auf die Kamera projiziert und dort auf-



genommen und in elektronische Signale umgewandelt. Als eine geeignete Kamera kann beispielsweise eine CCD-Kamera oder eine CMOS-Kamera dienen. Eine solche Kamera ist beispielsweise als CMOS-Monochrome-Bildsensor ADCS 2120 der Firma

5 Agilent erhältlich, die über ein Feld aus 640 x 480 Pixelpunkten verfügt.

Die von der Kamera erzeugten Signale werden von einer Auswerteeinheit analysiert und hinsichtlich der Neigung des

10 Gerätes ausgewertet. Hierfür kann ein eigener Baustein bzw. eine eigene Komponente verwendet werden. Alternativ kann aber auch auf eventuell vorhandene Komponenten anderer Geräte zurückgegriffen werden. Beispielsweise kann die Funktion dieser Auswerteeinheit bei einem in einen Entfernungsmesser eingebauten Neigungsmesser auch von der für die Entfernungsmessung verwendeten Elektronik mitübernommen werden. Gleichermassen ist es möglich als Strahlungsquelle auch bereits für andere Zwecke verwendete Quellen zu verwenden. So könnte im Beispiel des Entfernungsmessers ein

15 Teil des dort ggf. zur Distanzmessung verwendeten Laserlichtes ausgekoppelt und, eventuell nach einer Streuung oder Strahlaufweitung, zur Abbildung des Mediums verwendet werden.

25 Aus der relativen und absoluten Lage sowie der Form der Grenze zwischen den beiden Medien kann auf die Neigung des Gerätes geschlossen werden. Wird beispielsweise eine Kamera an einer Seitenfläche eines rechteckigen Behälters angebracht, der mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, so kann aus

30 dem Winkel der Flüssigkeitsoberfläche als Flüssigkeitshorizont zur Kamera die eine Neigungsrichtung (hier beispielhaft Längsneigung) bestimmt werden. Erfolgt eine ausschliessliche Neigung in der anderen Achse (hier beispiel-

haft Querneigung), so kann aus der Höhe des Flüssigkeitsspiegels die Neigung bestimmt werden. Kombinierte Neigungen in beiden Achsen führen zu einer Veränderung sowohl des Winkels als auch der Lage im Sinne einer Höhe des Flüssigkeitshorizontes.

Diese Abbildung und Auswertung ist sowohl mit einem reinen Hell-Dunkel-Übergang als auch mit einer Grenzschicht durchführbar. Darüber hinaus bietet eine Analyse der Grenzschicht noch weitere Vorteile. Betrachtet werden soll hier, ohne Beschränkung der Anwendbarkeit auf andere Ausgestaltungen, ein System mit einem flüssigen und einem gasförmigen Medium gemäss obigen Beispiels.

1. Bei einer Grenzschicht können im Gegensatz zur Analyse eines reinen Hell-Dunkel-Übergangs beiden Übergänge zu den Medien ausgewertet werden, d.h. es stehen zwei Kanten zur Verfügung.
2. Eine Veränderung der Querneigung des obigen Beispiels führt zu einer Vergrösserung oder Verringerung der Breite der des Abbildes der Grenzschicht. Die Breite des Abbildes kann damit auch als Information zur Bestimmung der Neigung herangezogen werden. Insbesondere kann eine Selbstkalibrierung des Systems erreicht werden, da - bei einer horizontalen Strahlführung im Aufnahmeelement - die Breite des Abbildes der Grenzschicht bei einer horizontalen Position des Gerätes minimal wird.
3. Beim Überschreiten einer bestimmten Neigungsgrenze, z.B. der Querneigung, kann unter Umständen von der Kamera eine doppelte Grenzschicht wahrgenommen wer-

den, die von dem Kontakt der Flüssigkeit mit den Gefäßwandungen definiert werden. Der Abstand zwischen diesen Grenzschichten kann analog zur Breite der Grenzschicht als ein Mass für die Neigung dienen und entsprechend ausgewertet werden.

4. Bei Verwendung einer benetzenden Flüssigkeit als erstes Medium wird diese durch Adhäsion an den Kontaktstellen des Behälters hochgezogen. Anhand der Krümmung des Flüssigkeitshorizontes kann festgestellt werden, auf welcher Seite des Behälters sich Flüssigkeit befindet. Auch in Querrichtung hat die Flüssigkeit eine Krümmung, so dass auch bei fehlender Querneigung stets zwei Linien bzw. Horizonte der Grenzschicht festzustellen sind. Die untere ist der Tiefstpunkt der Flüssigkeit, die obere der Benetzungsrand der Flüssigkeit mit der Innenseite des Aufnahmeelementes. Nach einem Bewegen des Aufnahmeelementes und auch in einem eingeschwungenen Zustand ist die untere Linie wesentlich schärfer und schneller stabil als obere Benetzungslinien. In diesem Zusammenhang kann eine Detektion der Grenzschicht und damit der Lage des ersten Mediums nicht nur anhand des horizontierten sondern auch vermittels des gekrümmten Bereichs der Grenzschicht erfolgen.

5. Wird eine Grenzschicht in Winkelabhängigkeit deformierbar gestaltet, beispielsweise durch eine Luftblase in einer Dosen-Libelle mit einer speziell gekrümmt geformten Oberfläche, so kann aus der Lage und oder der Verformung der Luftblase ebenfalls auf die Neigung geschlossen werden. Eine solche Verformung kann beispielsweise erreicht werden, indem die Wölbung in

5

25

30

durch ein Gefäß mit parallelen Seitenwänden. Insbesondere Verluste des Mediums oder dessen Dichteänderungen können auf diese Weise kompensiert werden.

- 5 Das erfindungsgemässe Verfahren bzw. eine erfindungsgemässe Vorrichtung werden nachfolgend anhand von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen rein beispielhaft näher beschrieben. Im einzelnen zeigen
- 10 Fig.1 die schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemässen Neigungsmessers in seitlicher Ansicht;
- 15 Fig.2a-d die schematische Darstellung der ersten Ausführungsform in Draufsicht sowie mit unterschiedlichen Medien;
- 20 Fig.3a-c die schematische Darstellung der ersten Ausführungsform des Neigungsmessers in waagerechter Position und der Oberfläche des Mediums mit Abbildung auf die Kamera in Draufsicht;
- 25 Fig.4a-c die schematische Darstellung der ersten Ausführungsform des Neigungsmessers in Längsneigung und der Oberfläche des Mediums mit Abbildung auf die Kamera in Draufsicht;
- 30 Fig.5a-e die schematische Darstellung der ersten Ausführungsform des Neigungsmessers in waagerechter Position in Seiten- und Draufsicht sowie der Oberfläche des Mediums mit Abbildung auf die Kamera in Seiten- und Draufsicht;

Fig.6a-e die schematische Darstellung der ersten Ausführungsform des Neigungsmessers in Querneigung und in Seiten- und Draufsicht sowie der Oberfläche des Mediums mit Abbildung auf die Kamera in Seiten- und Draufsicht;

Fig.7a-d die schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des Neigungsmessers in waagerechter Position und in Seiten- und Draufsicht sowie der Oberfläche des Mediums mit Abbildung auf die Kamera in Draufsicht; und

Fig.8a-e die schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des Neigungsmessers in Querneigung und in Seitensicht sowie der Oberfläche des Mediums mit Abbildung auf die Kamera in Draufsicht für zwei unterschiedliche geformte Oberflächen des Aufnahmeelementes.

In Fig.1 wird eine erste Ausführungsform des erfindungsgemässen optischen Neigungsmesser mit der Integration aller Komponenten auf einer Platte als gemeinsamer Basis 1 schematisch in Seitenansicht dargestellt. Durch eine Strahlungsquelle 2 wird sichtbare oder nicht sichtbare Strahlung S senkrecht zur Basis 1 emittiert. Die Strahlung S wird durch eine Linse 3 kollimiert und über ein erstes Umlenkelement 4 und ein zweites Umlenkelement 5 wieder so umgelenkt, dass sie senkrecht zur Basis 1 einfällt. Im Bereich der einfallenden Strahlung ist auf der Basis 1 ein Aufnahmeelement 6 mit einer zur Basis orientierten ersten Oberfläche 7 und einer zum zweiten Umlenkelement orientierten zweiten Oberfläche 8 angebracht. Zwischen Basis 1 und dem Aufnahmeelement bzw. dessen erster Oberfläche 7 befindet

sich eine Kamera 9, die mit einer Auswerteeinheit 10 verbunden ist. Aus Gründen der Platzersparnis sind die zur Strahlerzeugung, zum Strahlengang und zum Strahlungsempfang gehörigen Komponenten auf der einen Seite der Basis 1, die Auswerteeinheit 10 aber auf der entgegengesetzten Seite der Basis 1 angebracht, grundsätzlich kann jedoch auch eine andere Anordnung der Komponenten oder der Auswerteeinheit 10 gewählt werden. Diese Anordnung bietet somit den Vorteil der Integration aller elektronischen Bauteile auf einer gemeinsamen Basis 1, die beispielsweise auch als Leiterplatte ausgebildet sein kann. Hierdurch kann ein einfacher und mechanisch unempfindlicher Aufbau realisiert werden. Die Umlenkelemente 4 und 5 können als reflektierende Bauelemente, z.B. als Prismen oder Spiegel ausgebildet sein. Grundsätzlich kann eine geeignete Umlenkung jedoch auch ohne spezielle Bauelemente erfolgen, z.B. durch eine Reflektion an der Innenseite eines Gehäuses, wobei diese Reflektion auch streuenden bzw. diffusen Charakter besitzen kann. Auch kann auf eine Umlenkung verzichtet werden, wenn gewährleistet ist, dass zumindest Teilbereiche des Aufnahmeelementes 6 durch Strahlung S der Strahlungsquelle 2 bzw. Kamera 9 ausgeleuchtet werden. Beispielsweise kann auch durch eine gekrümmte oder gewinkelte Basis 1 eine derart geeignete Orientierung von Strahlungsquelle 2 und Aufnahmeelement 6 bzw. Kamera 9 bewirkt werden. Grundsätzlich kann bei Verzicht der Montage auf eine gemeinsame Basis 1 jedoch auch eine direkte Montage der Komponenten aufeinander erfolgen, wie dies in einer zweiten erfindungsgemässen Ausführungsform in Fig.7 und Fig.8 dargestellt wird.

30

Fig.2a zeigt diese erste Ausführungsform des Neigungsmessers in Draufsicht. Die von der Strahlungsquelle 2 emittierte Strahlung wird durch eine Linse 3 kollimiert und

über ein erstes Umlenkelement 4 und ein zweites Umlenkelement 5 auf das Aufnahmeelement 6 geführt. Dieses Aufnahmeelement ist auf einer Kamera 9 aufgebracht. In dieser Ausführungsform sind die Strahlungsquelle 2 und die Kamera 9 auf einer im wesentlichen ebenen Grundplatte als Basis 1 befestigt. Im Aufnahmeelement 6 befindet sich wenigstens ein erstes Medium. Mögliche Ausgestaltungen werden in Fig.2b bis Fig.2d dargestellt.

- 10 In Fig.2b ist die teilweise Befüllung des Aufnahmeelementes mit einem strahlungsundurchlässigen ersten Medium 11 als eine mögliche Ausführungsform dargestellt. Der restliche Bereich des Aufnahmeelementes kann mit einem zweiten Medium 12 gefüllt sein, wobei dieses zweite Medium aber auch durch  
15 ein Vakuum ersetzt werden kann. In dieser Ausführungsform mit einem strahlungsundurchlässigem ersten Medium 11 wird das zweite Medium 12 so gewählt, dass es eine zumindest teilweise Durchlässigkeit für die Strahlung aufweist. Durch diese Ausgestaltung entsteht ein hell-dunkel-Kontrast zwischen den beiden Medien, der durch die Kamera detektiert  
20 werden kann.

- In Fig.2c ist eine weitere Ausführungsform der Befüllung des Aufnahmeelementes mit einem strahlungsdurchlässigen  
25 ersten Medium 13 dargestellt. Der restliche Raum des Aufnahmeelementes kann wiederum durch ein zweites Medium ausgefüllt werden, das in diesem Beispiel ebenfalls strahlungsdurchlässig ist. Zwischen den Medien bildet sich eine Grenzschicht 14 aus, die auf die Kamera abgebildet wird und  
30 von dieser aufgelöst werden kann. Diese Grenzschicht 14 kann beispielsweise durch Aufbringen von kleinen Partikeln, wie z.B. einem Pulver, oder auch massiveren Komponenten,



wie z.B. einem Schwimmer, in ihrer Detektierbarkeit verstärkt werden.

- Fig.2d zeigt die Veränderung der Lage der Medien im Aufnahmeelement bei einer Neigung des Neigungsmessers. Dargestellt wird die Veränderung mit Bezug zur Kamera, die bezüglich der Basis fixiert ist. Die schematisch dargestellte Lage entspricht einer Drehung des in Fig.2a abgebildeten Neigungsmessers entgegen dem Uhrzeigersinn und wird als Längsneigung bezeichnet. Während die in Fig.2b und Fig.2c dargestellten Lagen der Medien einer horizontalen Position des Neigungsmessers entsprechen, stellt Fig.2d die von der Kamera erfassbare Lage bei der beschriebenen Drehung des Neigungsmessers dar. Durch die Neigung hat sich das strahlungsdurchlässige erste Medium 13 innerhalb des Aufnahmeelementes verschoben. Die veränderte Lage kann durch die Ausrichtung der Grenzschicht 14 erkannt und bestimmt werden.
- In Fig.3a-c werden in einer Zusammenschau nochmals die Lage und die Erkennung der Grenzschicht bei waagrechter, ungeneigter Position des Neigungsmessers verdeutlicht. In Fig.3a wird über das zweite Umlenkelement 5 Strahlung auf das Aufnahmeelement 6 geführt und nach dem Durchgang durch das Volumen dieses Aufnahmeelementes auf die Kamera 9 abgebildet. Das von der Kamera wahrnehmbare Abbild der Medien im Aufnahmeelement wird in Fig.3b gezeigt. Hier ist das strahlungsdurchlässige erste Medium 13 mit seiner Grenzschicht noch horizontal zur Kamera orientiert. Fig.3c zeigt schematisch das von der Kamera wahrgenommene Bild. Auf einer Detektorfläche 15 aus Zeilen und Spalten von Bildpunkten bzw. Pixeln wird das Abbild der Grenzschicht 16 projiziert. Dieses Abbild kann durch die Abschattung der einzel-

nen Bildpunkte in Signale umgewandelt werden, aus denen die Lage bzw. Orientierung der Grenzschicht abgeleitet wird. Gegenüber der grundsätzlich ebenfalls realisierbaren erfindungsgemässen Erkennung eines reinen hell-dunkel-Übergangs, z.B. wie in Fig.2b dargestellt, bietet die Detektion einer Grenzschicht zwischen zwei durchstrahlbare Medien die Möglichkeit, im Abbild der Grenzschicht 16 zwei Kanten zur Lagebestimmung auszuwerten. Neben einer Auswertung einer reinen Abschattung von Bildpunkten kann auch eine Berücksichtigung weiterer Eigenschaften erfolgen. So kann durch die Erkennung von Grauwerten oder durch eine Farbkamera eine genauere Auflösung der Lage der Grenzschicht erzielt werden. Auch können ergänzend weitere Merkmale wie z.B. farbliche Veränderungen aufgrund von Brechung oder Streuung mitberücksichtigt werden.

Die Veränderung der Lage der Grenzschicht bei einer ausschliesslichen Längsneigung des Neigungsmessers bzw. der Basis 1 ist in Foig.4a-c schematisch dargestellt. Fig.4a zeigt die Drehung des Neigungsmessers gegenüber der Senkrechten als Längsneigung. Die Grenzschicht 14 bleibt in ihrer absoluten Lage unverändert und damit gegenüber dem Vektor der Schwerkraft horizontalisiert. Wie in Fig.4b gezeigt verändert sich jedoch die relative Lage der Grenzschicht 14 als Lage gegenüber der Basis 1 bzw. gegenüber der Kamera. Nun ist die Grenzschicht 14 geneigt. Das entsprechende Abbild der Grenzschicht 16 auf der Detektorfläche 15 ist in schematisch Fig.4c dargestellt, wobei dieses Abbild nun eine Neigung gegenüber der Kamera bzw. der Detektorfläche besitzt.

In Fig.5a-e werden die Verhältnisse bei einem waagrecht orientierten erfindungsgemässen Neigungsmesser in seitli-

cher Ansicht dargestellt. Fig.5a zeigt den Neigungsmesser in Draufsicht, wohingegen in Fig.5b eine seitliche Sicht erfolgt, die in Fig.5a einem Blick von rechts entspricht. In Fig.5b ist in dieser Seitenansicht der Aufbau des Neigungsmessers schematisch dargestellt. Auf der Basis 1 ist eine Kamera 9 angebracht, die mittel- oder unmittelbar ein Aufnahmeelement 6 mit einer ersten Oberfläche 7 und einer zweiten Oberfläche 8 trägt. Auf der anderen Seite der Basis 1 ist die Auswerteeinheit 10 angebracht. Fig. 5c zeigt eine abstrahierte Darstellung dieser Seitenansicht der Fig.5b nach einer Drehung um  $90^\circ$  nach links. Von links fällt Strahlung S auf das Aufnahmeelement 6 mit dem darin befindlichen strahlungsdurchlässigen ersten Medium 13. Nach Durchqueren des Aufnahmeelementes fällt diese Strahlung auf die Kamera 9 und bildet so die Grenzschicht 14 auf die Detektorfläche der Kamera 9 ab. In Fig.5d ist die Lage der Grenzschicht 14 relativ zur Kamera dargestellt. Fig.5e zeigt das zugehörige Abbild der Grenzschicht 16 auf der Detektorfläche 15.

20

In Fig.6a-e erfolgt die Darstellung für einen geneigten Neigungsmesser, wobei die Drehung um eine zur bisherigen Drehung senkrecht orientierten Achse erfolgt. Eine aus einer solchen Drehung resultierende Lage wird als Querneigung bezeichnet. Fig.6a zeigt den Neigungsmesser in Draufsicht, Fig.6b zeigt den Neigungsmesser in Seitenansicht. In Fig.6c ist erkennbar, dass die hier exemplarisch als Flüssigkeitsspiegel ausgebildete Grenzschicht 14 im Aufnahmeelement 6 nun gegenüber der Einfallssachse der Strahlung S geneigt ist. Damit erscheint, wie in Fig.6d dargestellt, aus Blickrichtung der Kamera die Grenzschicht 14 verbreitert. Wie in Fig.6e gezeigt erscheint das Abbild der Grenzschicht 16' auf der Detektorfläche nun ebenfalls verbreitert, so dass

eine grössere Anzahl von Bildpunkten betroffen ist. Die Breite des Abbildes der Grenzsicht 16' und die Querneigung des Neigungsmesser sind miteinander korreliert, so dass aus dieser Breite auf die Neigung geschlossen werden kann.

Die Fig.7a-d zeigen eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemässen Neigungsmessers, die beispielsweise in Lotstöcken oder ähnlichen geodätischen Geräten verwendet werden kann.

In Fig.7a ist der Aufbau eines solchen Neigungsmessers schematisch dargestellt, wobei sich der Neigungsmesser in waagerechter Position befindet. Die Basis 1' ist im wesentlichen u-förmig ausgebildet und nimmt zwischen den beiden Schenkeln eine Strahlungsquelle 2 auf. Die Strahlungsquelle emittiert Strahlung S, die von einer Linse 3 kollimiert wird. Die kollimierte Strahlung S wird danach auf das Aufnahmeelement 6' geführt, das mittelbar oder unmittelbar auf einer Kamera 9 angebracht ist. Auf der der Kamera 9 entgegengesetzten Seite der Basis 1' ist eine Auswerteeinheit angebracht. Das Aufnahmeelement 6 weist zwei Oberflächen auf, von denen die erste Oberfläche 7 im wesentlichen plan ausgebildet ist, wohingegen die zweite Oberfläche 8' eine Wölbung besitzt. Das Aufnahmeelement ist mit einem liquiden Medium befüllt, in dem sich eine Luftblase als zweites Medium befindet, wobei auch andere Gase oder gegebenenfalls eine weitere Flüssigkeit die Funktion der Luftblase ausüben können. Alternativ kann jedoch auch eine andere Kombination von Medien eine erfindungsgemässe Eignung besitzen. Z.B. kann anstelle der Luftblase ein Quecksilbertropfen in einem Öl verwendet werden, so dass dieser Tropfen im Gegensatz zur Blase nicht an der Oberfläche schwimmt sondern am Boden

des Gefäßes verbleibt. Die jeweilige konkrete Ausgestaltung wird unter anderem von baulichen Gegebenheiten abhängen. So würde beispielsweise die Verwendung eines Quecksilbertropfens die Orientierung der zweiten Oberfläche 8' mit der Wölbung in Richtung Erdboden erfordern.

Fig.7b zeigt eine Draufsicht auf den Neigungsmesser, bei dem die Strahlungsquelle 2 unter Weglassung ihrer Halterung nur angedeutet ist. Die Strahlung dieser Strahlungsquelle durchleuchtet das Aufnahmeelement 6' und fällt auf die darunterliegende Kamera 9, die auf der Basis 1' montiert ist.


In Fig.7c ist der Blick in das Aufnahmeelement aus Richtung der Kamera dargestellt. In einem strahlungsdurchlässigem ersten Medium 13' ist eine Luftblase 17 anhand ihrer Grenzschicht zu erkennen. Alternativ oder ergänzend können neben der Identifikation der Grenzschicht auch weitere Merkmale der Luftblase 17, wie z.B. eine Veränderung des Transmissionsgrades aufgrund des im strahlungsdurchlässigen ersten Medium 13' zurückgelegten Weges oder eine Veränderung des Transmissionsgrades aufgrund eines unterschiedlichen Transmissionskoeffizienten der Luftblase, verwendet werden. Das Abbild der Grenzschicht 16'' der Luftblase auf der Detektorfläche 15 der Kamera ist in Fig.7d schematisch dargestellt.

In Fig.8a-e sind die Verhältnisse für eine Querneigung des Neigungsmessers schematisch dargestellt. Fig.8a zeigt eine Verkippung der Basis 1' nach rechts, die somit einer Querneigung entspricht. Die Luftblase 17 hat sich nun innerhalb des Aufnahmeelementes 6' nach links verlagert. Diese Verlagerung wird auch in Fig.8b und Fig.8c gezeigt. Fig.8b entspricht einem Blick aus Richtung Kamera auf das Aufnahme-

element. Die Luftblase ist nun bezüglich der Kamera nach links verschoben. Das zugehörige Abbild der Grenzschicht 16'' auf der Detektorfläche 15 ist in Fig.8c gezeigt.

- 5 Wird die zweite Oberfläche des Aufnahmeelementes in ihrer Wölbung so ausgeformt, dass die Luftblase in Abhängigkeit vom Neigungsgrad deformiert wird, kann aus der Form bzw. der Formveränderung des Abbildes auf die Neigung geschlossen werden. Eine geeignete Form könnte beispielsweise eine
- 10 asphärische Wölbung mit einer gegenüber einer Sphäre stärker oder geringer zunehmenden Krümmung darstellen. In Fig.8d und Fig.8e ist beispielhaft eine asphärische Form mit nach aussen abnehmendem Krümmungsradius dargestellt. Mit zunehmender Neigung wird die Luftblase somit eine zu-
- 15 nehmend länglichere Form annehmen. In Fig.8d wird ein Blick aus Richtung Kamera auf das Aufnahmeelement dargestellt. Die Luftblase ist nun bezüglich der Kamera nach links verschoben und länglich ausgeformt. Das zugehörige Abbild der Grenzschicht 16''' auf der Detektorfläche 15 ist in Fig.8e
- 20 gezeigt.

- Die dargestellten Ausführungsformen stellen nur Beispiele für erfindungsgemässe Realisierungen dar und sind daher nicht abschliessend und einschränkend zu verstehen. Darüber
- 25 hinaus kann der Fachmann weitere erfindungsgemässe Ausführungsformen, z.B. unter Verwendung anderer Strahlgänge oder Umlenkelemente, wie beispielsweise Prismen, streuender Flächen oder Lichtleitern, oder alternativer Formen des Aufnahmeelementes und der darin befindlichen Medien ableiten.
- 30 Insbesondere ist es möglich, statt fluider Medien auch pendelartige Festkörper oder Kombinationen von Festkörpern und fluiden Medien zu verwenden.



In den Figuren sind die Bildpunkte der Detektorfläche und insbesondere deren Zahl rein schematisch dargestellt. In den realen Ausführungsformen ist die Zahl der Bildpunkte verfügbarer Kameras meist höher, so dass höhere Auflösungen der Lage bzw. Winkel erzielbar sind.

## Patentansprüche

### 1. Optischer Neigungsmesser mit

- 5           • einer Strahlungsquelle (2) zur Erzeugung von Strahlung (S);
- mindestens einem ersten Medium (11,13), dessen Lage neigungsabhängig ist;
- 10           • einem Aufnahmeelement (6,6') für das erste Medium (11,13);
- einem Detektor zum Aufnehmen und Umwandeln einer Ab-
- 15           bildung (16,16',16'',16''') in Signale; und
- einer Auswerteeinheit (10) zur Bestimmung der Neigung;

**dadurch gekennzeichnet, daß**

20

der Detektor als Kamera (9), vorzugsweise als CMOS- oder CCD-Mikro-Kamera, ausgebildet ist und

25

Strahlungsquelle (2) und Kamera (9) so angeordnet sind, daß durch die Strahlung ein Bild zumindest eines Teiles des ersten Mediums (11,13) mittelbar oder unmittelbar auf die Kamera (9) abgebildet wird.

### 2. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 1,

30

**dadurch gekennzeichnet, daß**

Strahlungsquelle (2) und Kamera (9) so angeordnet sind, daß durch die Strahlung ein Bild zumindest eines Teiles einer,



vorzugsweise im wesentlichen ebenen, Grenzschicht (14) des ersten Mediums (11,13) mittelbar oder unmittelbar auf die Kamera (9) abgebildet wird.

5 3. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

10 das erste Medium (11,13) eine Flüssigkeit und die Grenzschicht (14) ein Flüssigkeitshorizont ist.

4. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

15

das Aufnahmeelement (6,6') als, vorzugsweise halb gefüllte, zylindrische Dose ausgestaltet ist.

5. Optischer Neigungsmesser nach einem der Ansprüche 2 bis 4,

20

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Neigungsmesser als ein zweites Medium (12)

25

- ein Gas,
- eine Flüssigkeit oder
- einen Festkörper, insbesondere in Form eines Schwimmers,

30 aufweist, dessen Kontaktfläche zum ersten Medium (11,13) die Grenzschicht (14) definiert.

6. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

35

das erste Medium (11,13) und das zweite Medium (12) für die Strahlung (S) unterschiedliche Transmissionsgrade, vorzugsweise unterschiedliche Transmissionskoeffizienten, aufweisen, insbesondere daß eines der beiden Medien für die Strahlung (S) undurchlässig ist.

7. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

das erste Medium (11,13) ein pendelartiger Festkörper ist.

8. Optischer Neigungsmesser nach einem der vorangehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Strahlungsquelle (2) einen Halbleiterlaser oder eine LED aufweist.

9. Optischer Neigungsmesser nach einem der vorangehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

Strahlungsquelle (2) und Kamera (9) so angeordnet sind, daß die Strahlung (S) im Bereich des ersten Mediums (11,13) im wesentlichen parallel zu einer Oberfläche des ersten Mediums (11,13) geführt wird.

10. Optischer Neigungsmesser nach einem der vorangehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

das Aufnahmeelement (6,6') mittelbar oder unmittelbar auf der Kamera (9) angebracht ist.

11. Optischer Neigungsmesser nach einem der vorangehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

das Aufnahmeelement (6,6')

- eine erste ebene, transparente Oberfläche (7) und
- eine zweite transparente Oberfläche (8)

aufweist, die im wesentlichen parallel zueinander orientiert sind, wobei die zweite Oberfläche (8) eben oder gewölbt ausgeformt ist.

12. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 11,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Kamera (9) eine zweidimensionale Detektorfläche (15) aufweist, die parallel zu der ersten Oberfläche (7) und/oder der zweiten Oberfläche (8) des Aufnahmeelements (6,6') ausgerichtet ist.

13. Optischer Neigungsmesser nach einem der vorangehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

Strahlungsquelle (2) und Kamera (9) auf einer gemeinsamen Basis (1,1'), vorzugsweise einer Leiterplatte, angebracht sind.

14. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet, daß

5 Strahlungsquelle (2) und Kamera (9) so angeordnet sind, dass die erzeugte Strahlung (S) senkrecht zur Oberfläche der Basis (1,1') emittiert wird und die Empfangsrichtung der Kamera (9) senkrecht zur Oberfläche der Basis (1,1') orientiert ist.

15. Optischer Neigungsmesser nach Anspruch 13 oder 14,

10

dadurch gekennzeichnet, daß

ein Strahlgang von der Strahlungsquelle (2) zur Kamera (9) wenigstens ein Umlenkelement (4,5) aufweist.

15

16. Geodätisches Gerät, insbesondere Entfernungsmesser oder Lotstock, mit einem Neigungsmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

20

17. Verfahren zur Messung der Neigung eines Gerätes, insbesondere eines geodätischen Gerätes, mit

- einer Strahlungsquelle (2) zur Erzeugung von Strahlung (S);

25

- mindestens einem ersten Medium (11,13) dessen Lage neigungsabhängig ist;

30

- einem Aufnahmeelement (6,6') für das erste Medium (11,13);

- einer Kamera (9) zum Aufnehmen von Bildern; und

- einer Auswerteeinheit (10) zur Bestimmung der Neigung des Gerätes;

mit den Schritten

5

- Erzeugen eines Bildes auf der Kamera (9) mittels von der Strahlungsquelle erzeugter Strahlung (S), wobei das Bild zumindest einen Teil des ersten Mediums (11,13) beinhaltet,

10

- Aufnehmen und Umwandeln des Bildes in Signale durch die Kamera (9),
- Bestimmung der Neigung des Gerätes aus den Signalen durch die Auswerteeinheit (10).

15

18. Verfahren nach Anspruch 17,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

20

beim Erzeugen eines Bildes die Strahlung (S) im wesentlichen parallel zu einer Oberfläche des ersten Mediums (11,13) geführt wird.

25

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Bestimmung der Neigung unter Berücksichtigung von

30

- Winkel des ersten Mediums (11,13) im Bild und
- absoluter Lage des ersten Mediums (11,13) im Bild

erfolgt.

35

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- 5 beim Erreichen oder Überschreiten eines vorbestimmbaren Neigungswertes ein Signal ausgegeben wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20,

- 10 **dadurch gekennzeichnet, daß**

bei der Bestimmung der Neigung Fehler aufgrund von Temperatureffekten und/oder Substanzverlusten mindestens des ersten Mediums (11,13) berücksichtigt, insbesondere eliminiert, werden.

15

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- 20 beim Erzeugen eines Bildes wenigstens eine Grenzschicht (14) des ersten Mediums (11,13) abgebildet wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22,

- 25 **dadurch gekennzeichnet, daß**

bei der Bestimmung der Neigung des Gerätes die Ausdehnung, Form und/oder Lage der Grenzschicht (14) berücksichtigt wird.

### Zusammenfassung

In einem optischen Neigungsmesser erfolgt die Emission von Strahlung (S) durch eine Strahlungsquelle (2). Diese Strahlung (S) wird nach dem Durchgang durch ein Aufnahmeelement (6,6'), das wenigstens ein erstes Medium (11,13) enthält, auf eine Kamera (9) abgebildet. Aus der Lage des ersten Mediums (11,13), insbesondere eines Flüssigkeitshorizontes, relativ zum Neigungsmesser bzw. zur Kamera (9) kann auf die Neigung des Neigungsmessers geschlossen werden. Die Aufnahme der Lage des ersten Mediums (11,13) durch eine Kamera (9) erlaubt die Auswertung einer Vielzahl von Merkmalen, insbesondere von Form, Ausdehnung und Lage einer Grenzschicht (14).

Fig.1

verändertes Exemplar  
 Emplaire invariable  
 Esemplore immutabile

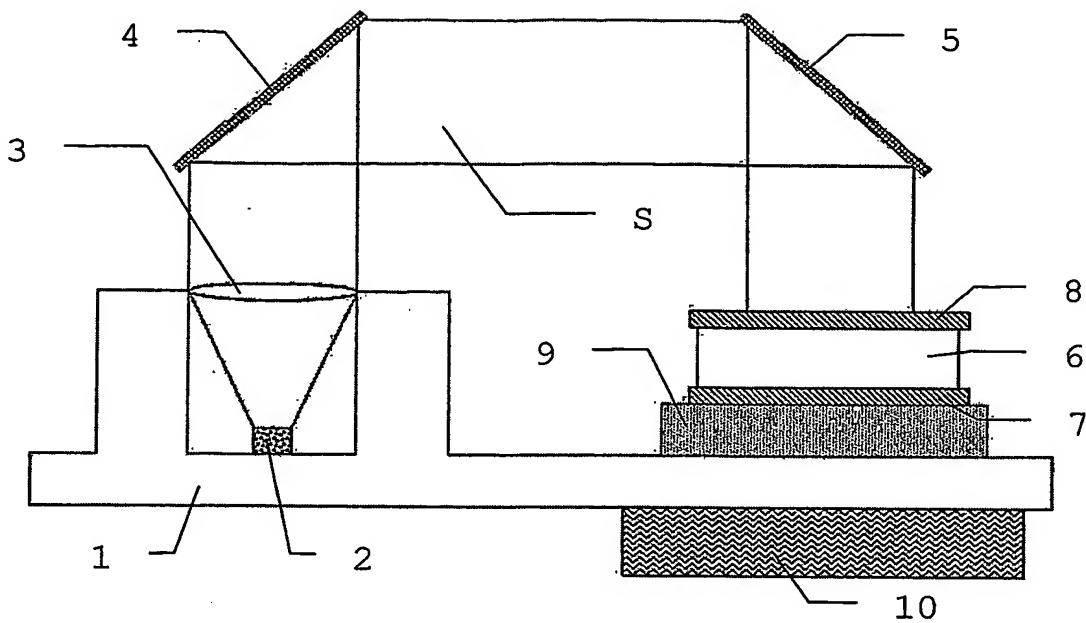


Fig. 1

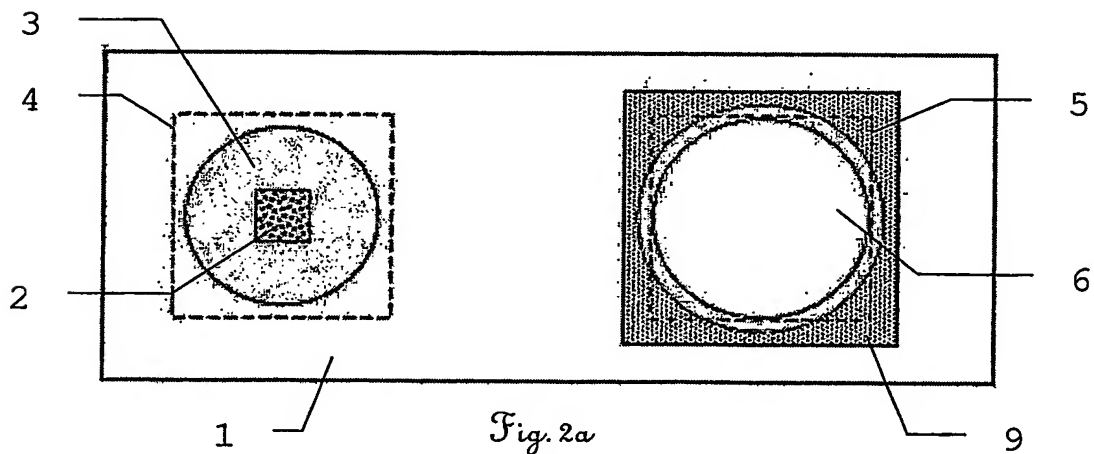


Fig. 2a

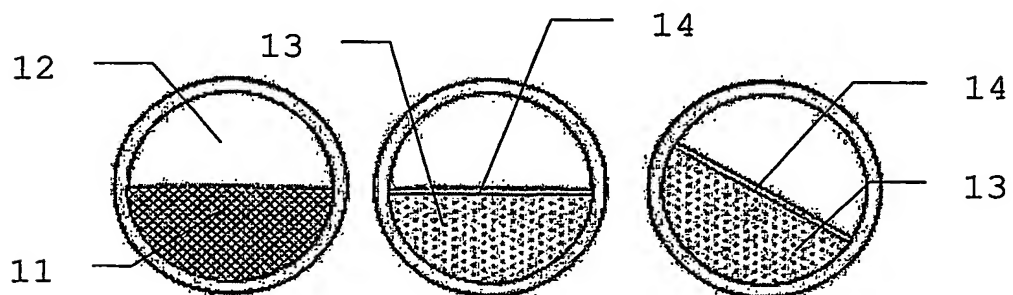


Fig. 2b

Fig. 2c

Fig. 2d



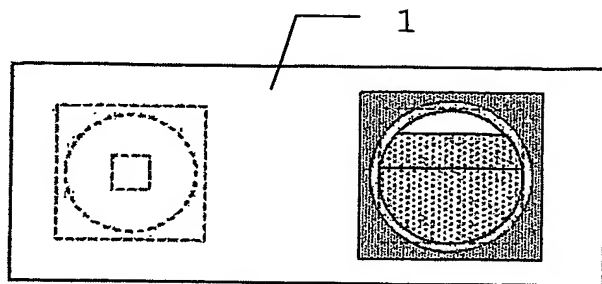


Fig. 6a

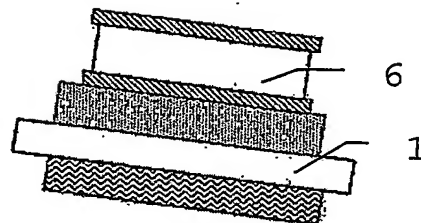


Fig. 6b

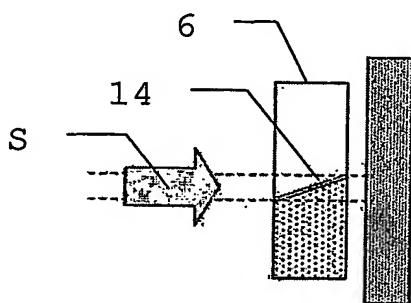


Fig. 6c

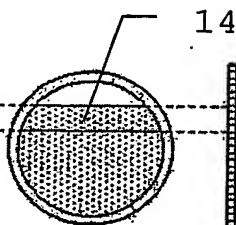


Fig. 6d

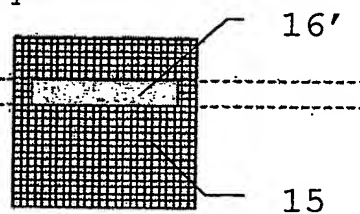


Fig. 6e

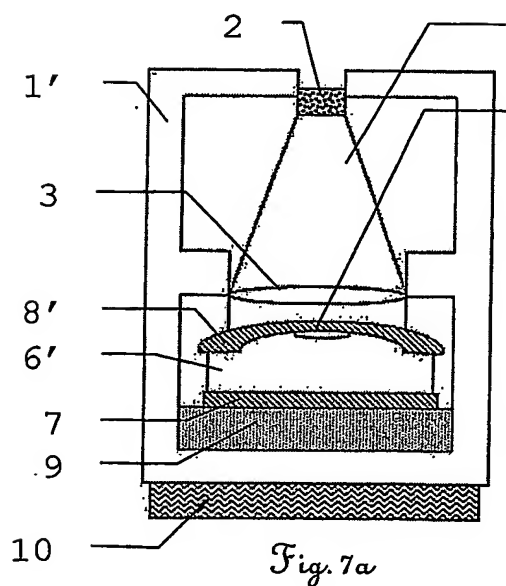


Fig. 7a

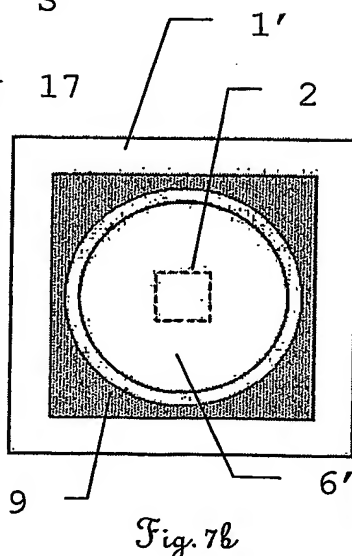


Fig. 7b

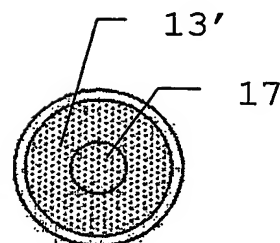


Fig. 7c

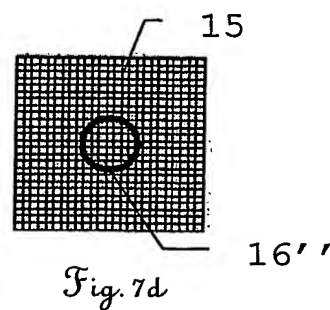
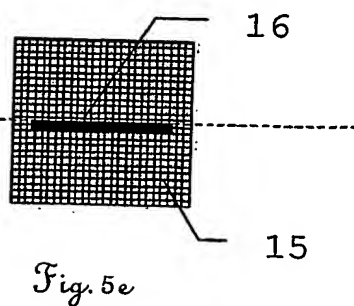
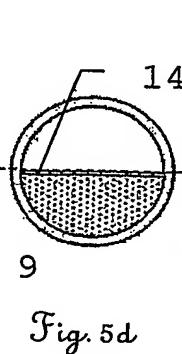
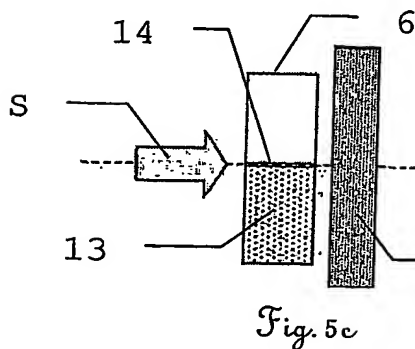
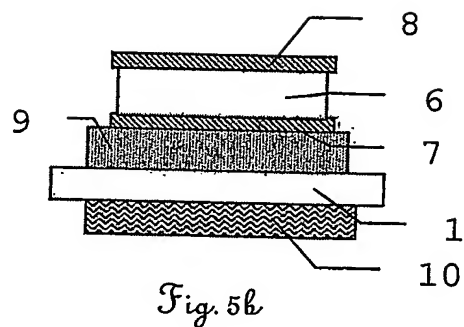
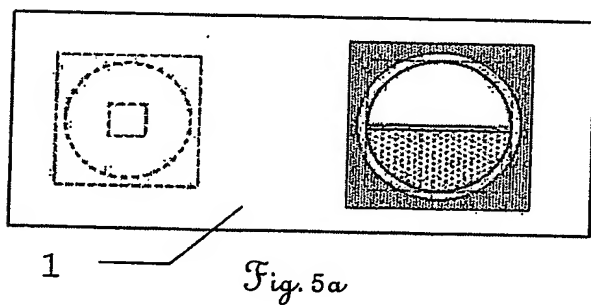
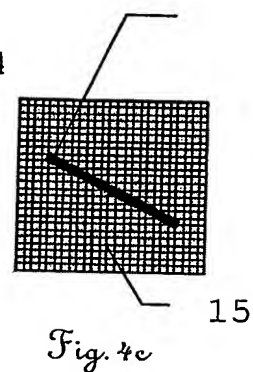
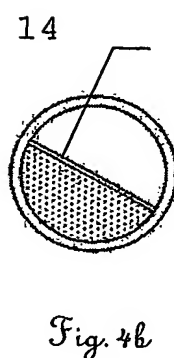
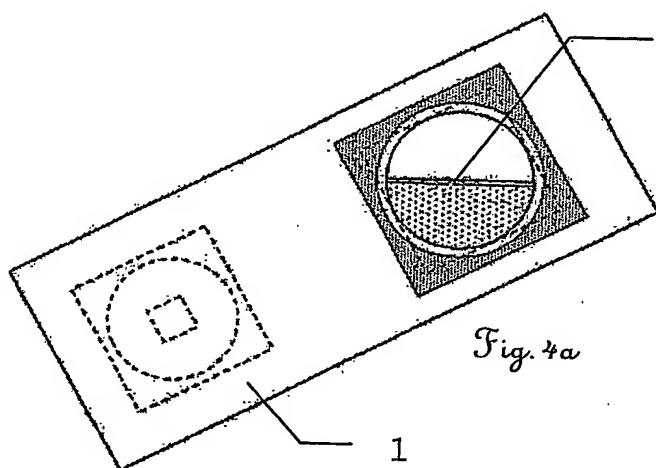
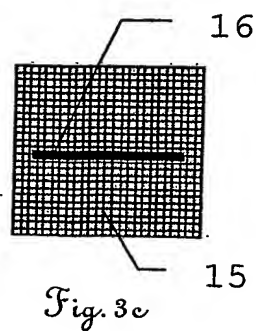
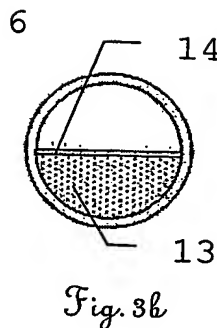
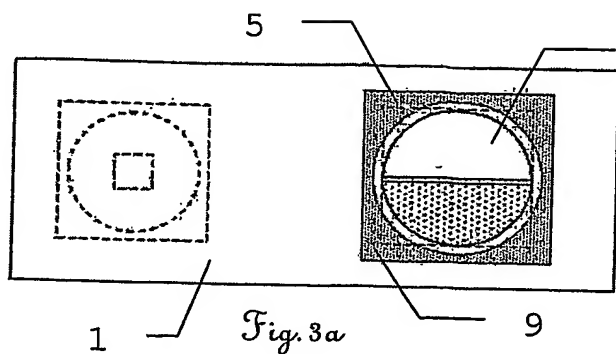


Fig. 7d



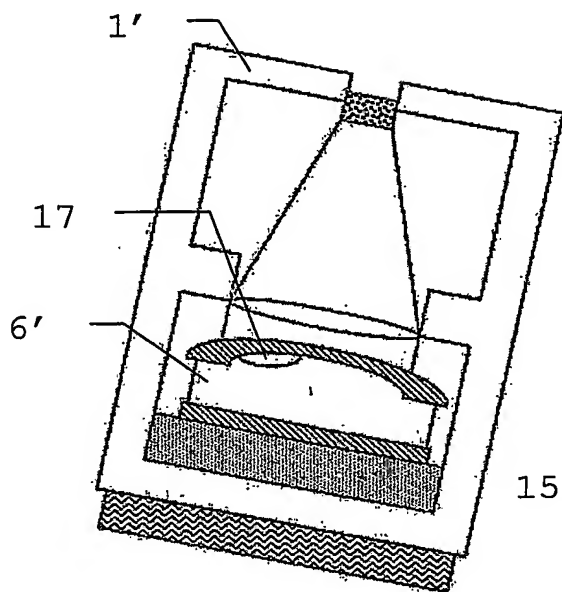


Fig. 8a

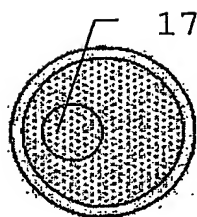


Fig. 8b

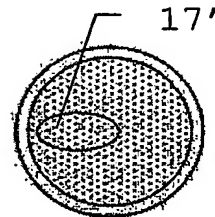


Fig. 8d

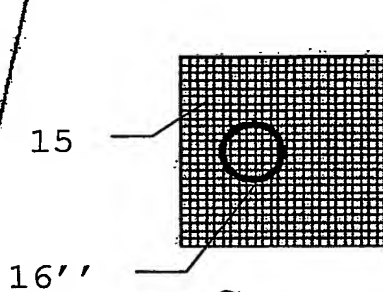


Fig. 8c

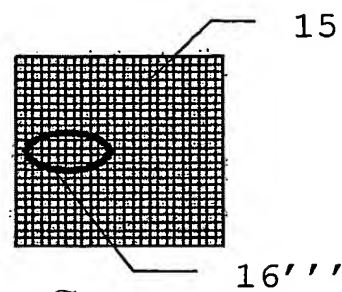


Fig. 8e

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**